

Constructieregels voor eindexamens, proefwerken en schoolonderzoeken naar aanleiding van de PLON-examens op het Mavo

Citation for published version (APA):

Bijker, W. E. (1982). Constructieregels voor eindexamens, proefwerken en schoolonderzoeken naar aanleiding van de PLON-examens op het Mavo. *Faraday : tijdschrift voor M.O. en V.H.O. in natuur- en scheikunde : orgaan van de Vereeniging van Leeraren in Natuur- en Scheikunde*, 51, 59-64.

Document status and date:

Published: 01/01/1982

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.



Constructieregels voor eindexamens, proefwerken en schoolonderzoeken

naar aanleiding van de PLON-examens op het MAVO

WIEBE BIJKER

PLON*

Bij het denken over PLON-eindexamens zijn we uitgegaan van de *functie* van het eindexamen (n.l.: selectie en doelbepaling)¹. Daaruit werden *vormkenmerken* afgeleid (bijv. de noodzaak van het gebruik van korte-antwoord vragen én lange-antwoordvragen). Om vervolgens iets over de *inhoud* van examens te kunnen zeggen werden een aantal begrippen ingevoerd met betrekking tot natuurkunde-context en denkactiviteit. Deze eerste drie stappen in de discussie over eindexamens zijn nogal abstract en geven nog geen voldoende duidelijke richtlijn voor het eenduidig vastleggen van vorm en inhoud van een examen. Deze stappen dienen te worden gevolgd door een aantal *constructieregels*. Deze constructieregels moeten dan tenslotte ter verduidelijking worden toegepast in *voorbeeld-opgaven*.²

In dit artikel zal ik een aantal van deze constructieregels schetsen. De voorbeelden waarmee ze worden toegelicht zijn geënt op het PLON-MAVO curriculum³. Aan het slot van het artikel zal ik de toepasbaarheid van de constructieregels op proefwerken en schoolonderzoeken nader toelichten.

Constructieregels voor opgaven

Centraal bij het formuleren van de volgende constructieregels staan twee eisen: de eis van *duidelijkheid* en de eis van *familiariteit*. De laatstgenoemde eis komt voort uit de stelling, dat opgaven moeten aansluiten bij het gegeven onderwijs, zoals ik in het vorige artikel heb betoogd.

De eerstgenoemde eis is vooral een consequentie van de selectiefunctie van opgaven: je wilt een betrouwbaar 'meetinstrument' maken, dat natuurkundevaardigheden meet, het hoeft niet primair te meten of een leerling in staat is een ingewikkelde zin te ontrafelen.

* Thans: TH Twente. Adres: De Boerderij, TH Twente, Postbus 217, Enschede.

Beginnen we met de constructieregels die duidelijkheid beogen te bevorderen. Vragen moeten een duidelijke presentatie hebben. Bij het schrijven van vragen moet, althans op het MAVO, het gebruik van formele, wetenschappelijke taal worden vermeden.⁴ Het gebruik van deze taal is vaak een gevolg van de moeite die we ons getroosten, de opgave fysisch eenduidig te maken. Hierbij vergeten we dan vaak, dat voor leerlingen (die niet door een fysisch-academische bril naar het probleem kijken) veel van die moeite overbodig is. Voor leerlingen is een fysisch eenduidige vraag niet hetzelfde als een duidelijke vraag. Als het werkelijke probleem waarover de opgave gaat aan leerlingen duidelijk is, zullen ze de vereiste benaderingen en verwaarlozingen zelf kunnen maken. Praten over een auto 'die als puntmassa beschouwd kan worden' en over 'wrijvingsloze' katrollen is dan overbodig.

Een voorbeeld van een vraagdeel in formele taal:

- Op een horizontaal vlak ligt een blokje aluminium van 5 cm lang, 5 cm breed en 3 cm hoog. Op het blokje kan een horizontale kracht uitgeoefend worden door een touw, dat over een katrol en met gewichtjes P belast kan worden. De wrijving van de katrol en de massa van de draad zijn te verwaarlozen, evenals de luchtweerstand. (...)

Dezelfde vraag in niet-formele taal:

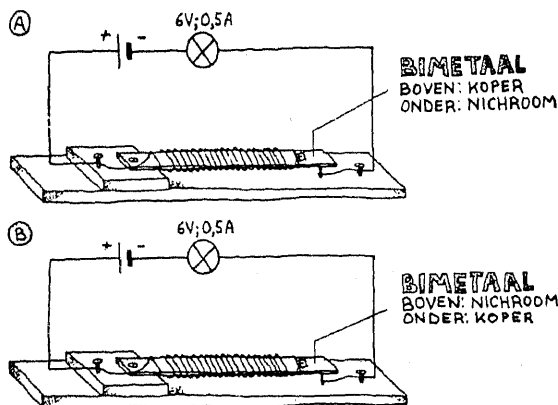
- Op een gladde tafel ligt een blokje aluminium van 5 cm lang, 5 cm breed en 3 cm hoog. Het blokje kan worden voortgetrokken door een dunne draad, die over een katrol loopt. Aan deze draad worden gewichtjes gehangen. (...)

constructieregel 1: vermijd formeel taalgebruik; gebruik zoveel mogelijk aanduidingen en omschrijvingen die in het lesmateriaal en de klaspraktijk gebruikelijk zijn.

constructieregel 2: verwerk eventuele aanwijzingen voor benaderingen en toegestane verwaarlozingen niet in de gegevens maar vermeld ze apart.

Een te weinig gebruikte mogelijkheid om de duidelijkheid van een vraag te vergroten, is het gebruik van illustraties. Probeer maar eens de informatie van de illustraties in de volgende vraag in woorden weer te geven; het wordt onvermijdelijk minder helder voor leerlingen.

- Je ziet hier twee bimetaalknipperlichten. Het enige verschil is de manier waarop het bimetaal geplaatst is.



In één van deze schakelingen knippert het lampje niet en in de andere wel. Welk lampje knippert WEL?

Kruis aan:

A	
B	

(Achterin vind je een tabel met gegevens van verschillende stoffen)

Beschrijf met een paar woorden wat het andere lampje doet:

.....

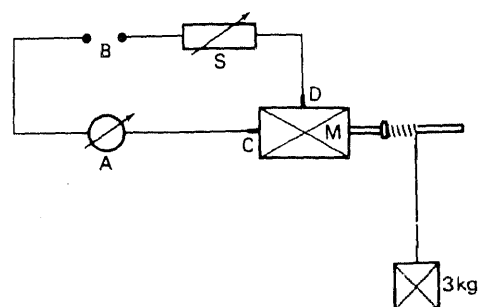
constructieregel 3: wees bedacht op de mogelijkheid, illustraties te gebruiken voor het presenteren van de opgave.

Behalve de presentatie dient ook de probleemstelling zelf vanaf het begin van de vraag voldoende duidelijk te zijn. De leerling moet zo snel mogelijk weten over welk probleem de vraag gaat. Als hij bij het lezen van de opgave eerst een rijstebrijberg gegevens moet door-eten voordat wordt verteld waartoe deze dienen, kan dit reacties bij de leerling tot gevolg hebben als: onzekerheid over wat er van hem verlangd wordt en slordigheid in het lezen omdat hem onduidelijk is hoe hij gebruik moet maken van het gelezene. Bovendien stimuleert een vraagopbouw met pro-

bleem-voorop hopelijk de oplossingsstrategie: 'werken vanuit het gevraagde', in plaats van het bij leerlingen vaak gebruikelijke 'werken vanuit de gegevens'. Eerstgenoemde strategie biedt meer kans op succes dan de tweede, die de oplosser vaak in doodlopende wegen en een chaotisch zoekproces doet belanden⁵.

Een voorbeeld van een examen vraag, die met een rijstebrijberg aan gegevens begint:

- Een spanningsbron B, die een constante spanning levert van 8 volt, een schuifweerstand S, een ampèremeter A en een elektromotor M zijn in een kring geschakeld (zie figuur).



Een voorwerp met een massa van 3 kg is met behulp van een koord aan de as van de motor bevestigd. Het wordt opgehesen als de motor draait. De weerstand van de verbindingdraden en de ampèremeter samen bedraagt $0,2 \Omega$. Als de schuifweerstand is ingesteld op $0,6 \Omega$ en de motor draait, wijst de ampèremeter een stroomsterkte aan van $2,5 \text{ A}$.

- Bereken de spanning over de schuifweerstand S.
- Bereken de spanning tussen de aansluitpunten C en D van de elektromotor M.
- Bereken het door de motor opgenomen vermogen.

(...)

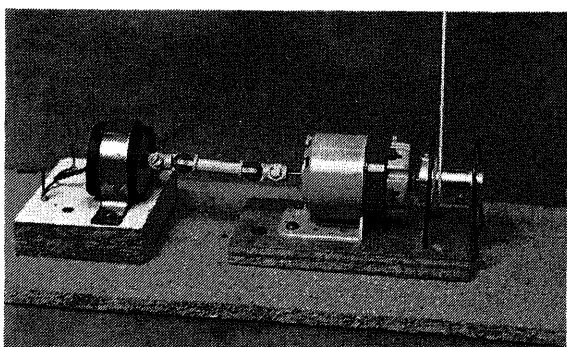
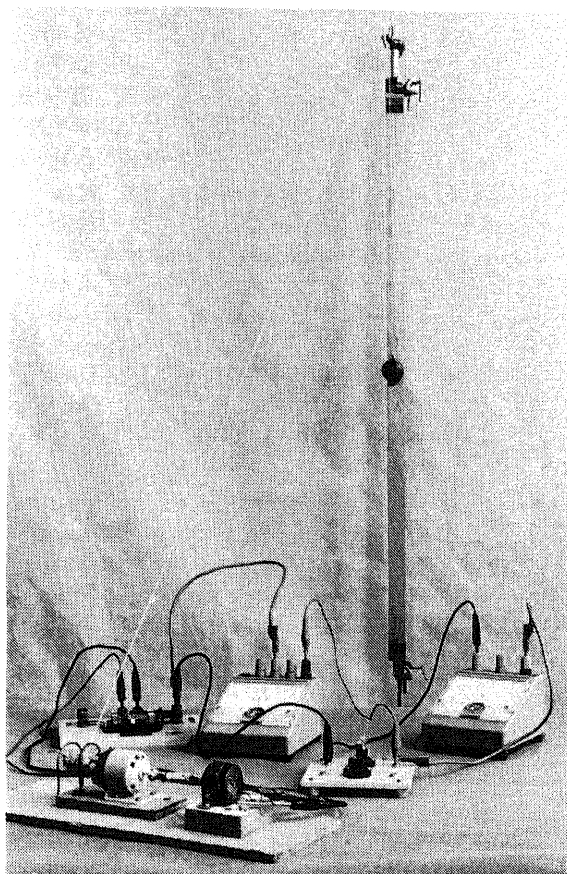
(MAVO 1974)

De kandidaat moet in deze opgave veel doorlezen voordat hem duidelijk wordt, waar de vraag over gaat. Als we deze opgave –die uiteindelijk (hier niet aangegeven) om een rendementsberekening bleek te gaan – verbeteren, krijgen we het volgende:

- Iemand wil het rendement van een elektromotor met versnellingsbak bepalen. In de opstelling van de foto meet hij:
 - de spanning is $4,5 \text{ V}$
 - de stroom door de motor is 165 mA
 - in $13,0 \text{ s}$ hijst de motor het gewicht $1,50 \text{ m}$ omhoog
 - het gewicht heeft een massa van $0,200 \text{ kg}$.

a. Hoe groot is het elektrisch vermogen dat de elektromotor opneemt?*

b. Hoe groot is het rendement van versnellingsbak + elektromotor? Schrijf je berekening op.



* De open ruimte onder een vraag is hier *geen* maat voor de ruimte die op een examen wordt opengelaten (red.)

constructieregel 4: maak in het *begin* van de opgave duidelijk om welk probleem het (tenslotte) zal gaan.

Een nog groter bezwaar tegen opgaven als bovenstaande examenopgave uit 1974 is, dat ze over verschillende problemen tegelijk gaan. Bij het doorlezen van het eerste stuk van de vraag komt de leerling misschien op het idee dat hem iets over die motor gevraagd zal worden: een energie- of rendementsberekening soms? Maar dan moet hij plotseling de spanning over een schuifweerstand uitrekenen ... Deze samengestelde opgaven hebben wel zin, als het in de opgave om een complex probleem gaat. De subvragen helpen de leerling dan, het probleem in overzichtelijke delen te structureren. Het is hierbij essentieel dat alle subvragen ten dienste staan van het centrale probleem van de opgave en dit dient ook aan de lezer duidelijk te zijn. Is dit niet het geval, dan brengen de subvragen de leerling vermoedelijk meer op een dwaalspoor dan dat ze hem bij de structurering van het probleem helpen. Een tweede, bekendere eis is dat alle subvragen onafhankelijk van elkaar moeten zijn: het niet kunnen oplossen van één subvraag mag geen belemmering opleveren voor de beantwoording van de rest van de opgave.

Te vaak wordt een samengestelde vraag gebruikt om 'nog een paar vraagjes mee te nemen'. Deze vraagjes betreffen dan wel facetten van het centrale probleem, maar deze facetten zijn niet belangrijk voor de oplossing van dat centrale probleem. Dit geldt bijvoorbeeld voor de subvragen (a) en (b) van de genoemde opgave uit 1974: deze vraagjes zijn alleen opgenomen om een Ohm-vraag en een Kirchhoff-vraag te stellen. Voor de vermogensbepaling van de elektromotor zijn ze gekunsteld: als je het vermogen van een elektromotor wilt weten, sluit je in de praktijk immers een spanningsmeter en een stroommeter aan om de benodigde gegevens te krijgen. Als je wilt weten of examenkandidaten de wet van Ohm kunnen toepassen, dan moet je daaraan één, korte vraag besteden. Op de geciteerde manier zet de subvraag de leerlingen op het verkeerde been.

constructieregel 5: beperk een opgave tot één centraal probleem; gebruik alleen een samengestelde opgave als het centrale probleem te complex is om in één vraag aan de orde te stellen; de subvragen dienen dan alle:

- duidelijk bij te dragen aan de oplossing van het centrale probleem;
- onafhankelijk van elkaar te zijn.

Tenslotte is het ook noodzakelijk, meer duidelijkheid te verschaffen over het gewenste antwoord dan tot nu toe gebruikelijk was. Men heeft wel getracht, de betekenis van opdrachten als 'verklaren', 'bepalen', 'bereken' en 'beredeneer' nader te specificeren. Het lijkt ons zinvoller om langs een andere weg duidelijkheid omtrent het gewenste antwoord te scheppen. Niet door een beperkt aantal gestandaardiseerde opdracht-woorden te gebruiken waarvan de leerlingen de betekenis echt moeten leren, omdat de woorden meer betekenen dan hun spreektaal-betekenis; wél door juist een groot aantal niet-gestandaardiseerde, aan elke opgave aangepaste antwoord-opdrachten te gebruiken. In deze opdrachten dient dan zo precies mogelijk en met behulp van gewone spreektaal te worden aangegeven, welke handelingen de kandidaat moet verrichten om het bedoelde antwoord te geven. Zo verdient de opdracht 'bereken de kracht en schrijf je berekening op' de voorkeur boven de tot nu toe gebruikte formulering 'bereken ...'. Gebruik niet 'leg uit dat ...' als je bedoelt 'geef twee redenen waarom ...'; gebruik niet 'beschrijf hoe ...', maar 'noem de vier stappen, waarin achtereenvolgens ...'; niet 'wat is het verschil tussen ...', maar 'noem één verschil tussen ...'.

Het is in dit verband ook zinvol eraan te herinneren dat veel leerlingen niet uit zichzelf een verschijnsel in fysische termen zullen verklaren. Als we een verklaring van ze verwachten met gebruikmaking van fysische begrippen en wetten zullen we dat moeten aangeven. De volgende opgave biedt hiervan een voorbeeld.

- Oom Frans wil zijn kapotte auto naar de garage slepen. De ketting die hij hiervoor wil gebruiken knapt, zodra deze plotseling strak komt te staan. Sanne heeft een stuk nylon touw bij zich. Daarmee gaat het wel goed. Oom Frans begrijpt dit niet: 'die ketting is toch veel sterker dan dat nylon touw?' Hij heeft gelijk, maar hij vergeet dat nylon touw meer uitrekt dan een ketting.

Leg uit hoe het komt dat de sterke ketting toch eerder knapt dan het minder sterke touw. Gebruik een van de bewegingswetten.

(In het thema VERKEER EN VEILIGHEID wordt de mechanica behandeld. De leerlingen leren de volgende 'bewegingswetten' kennen:

$$Ft = m(v_{\text{eind}} - v_{\text{begin}}), \text{ waaruit } F = ma \text{ volgt}$$

$$Fs = \frac{1}{2}mv_{\text{eind}}^2 - \frac{1}{2}mv_{\text{begin}}^2$$

Zie verder Faraday, 49 (6) 216, dec. 1980.

constructieregel 6: omschrijf precies, welke 'handelingen' de leerling moet verrichten om het antwoord in de bedoelde vorm te geven.

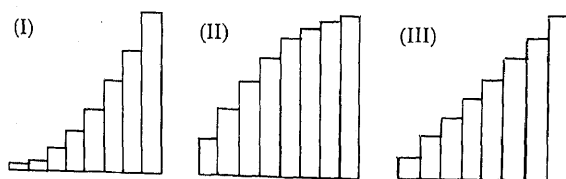
Een bijzonder voorbeeld van het streven naar duidelijkheid over het gewenste antwoord is de meerkeuzevraag. In het vorige artikel zijn de argumenten al gegeven, op grond waarvan we de meerkeuzevraag als standaardvorm af wijzen. In het kader van het scheppen van zoveel mogelijk duidelijkheid ten aanzien van de bedoeling van een opgave, kan in sommige gevallen het gebruik ervan echter wél zinvol zijn.

Bij vragen waar slechts een beperkt aantal antwoorden mogelijk is (bijvoorbeeld: groter, gelijk, kleiner), dient het antwoord om deze reden te worden voorgecodeerd. Het bezwaar dat een leerling kan gokken ondervangen we dan eventueel door een uitleg-vraag te laten volgen. Om het karakter van deze vraagvorm goed uit te laten komen pleiten wij ervoor, de normering zó te maken, dat voor het aankruis-deel geen of slechts weinig punten gegeven worden. De punten moeten dan verdiend worden met het uitleg-deel. Het meerkeuze-deel van de vraag heeft alleen als doel, de vraag voor de leerling duidelijk en overzichtelijk te maken.

De volgende voorbeeldopgave is in deze vorm gegoten:

- Om de bewegingswetten te controleren, doet een groepje leerlingen een proefje met een karretje. Het karretje wordt met een steeds even grote kracht voortgetrokken. Het karretje trekt een papierstrook door de tijdtikker.

Om een conclusie uit de meting te trekken, knippen ze de tijdtikkerstrook in stukken: stukken van telkens 10 tikken. Ze leggen de stroken naast elkaar. Wat verwacht jij dat het resultaat zal zijn?



Kruis aan: I ☐
II ☐
III ☐

Licht je keuze toe. Gebruik hierbij een bewegingswet.

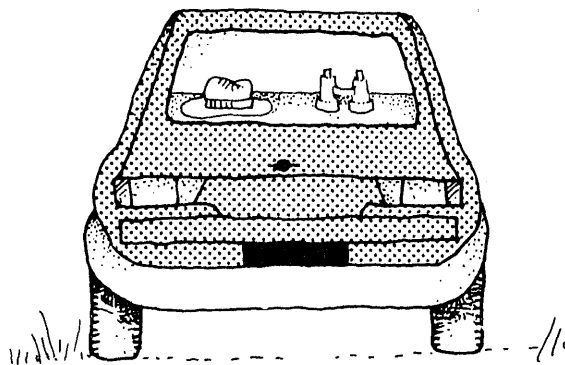
Na deze constructieregels om verschillende 'soorten' duidelijkheid te bereiken, gaan we nu kijken naar de familiariteit. De context van een opgave dient – zeker op het MAVO – familiair te zijn⁶. Wat precies familiair is, hangt af van het nagestreefde onderwijs. Zo zullen bij het PLON opticaproblemen vooral ontleend worden aan het fotograferen van (bewegende) objecten en niet aan astronomische waarnemingen; warmteberekeningen komen aan de orde in vragen over een CV-installatie en niet in vragen over calorimeters.

De volgende opgave voldoet (voor het PLON) NIET aan de eis van contextfamiliariteit:

- Als je in een ruimtelaboratorium een moersleutel los laat, blijft deze gewichtloos 'zweven'. Als je de moersleutel dan een klein duwtje geeft, 'drijft' hij langzaam door het laboratorium. Hoewel de moersleutel dan gewichtloos is, kan hij toch veel schade aanrichten als hij tegen het instrumentenpaneel botst.
Leg dit uit. Gebruik hierbij het woord 'traagheid'.

Zoals ik hierboven al heb aangegeven, wordt in het PLON-MAVO-curriculum de mechanica behandeld aan de hand van veiligheidsaspecten van het verkeer. Een opgave die eveneens inzicht in het begrip 'traagheid' test, en wel aan de eis van contextfamiliariteit voldoet, is de volgende:

- Veel auto's hebben tussen de achterbank en de achterruit een zogenaamde hoedenplank, waarop je allerlei dingen kunt neerleggen. Het is gevaarlijk om zware voorwerpen op die hoedenplank te leggen. Anne en Joost proberen dat te verklaren. Joost zegt: *'als de auto plotseling remt, vliegt een zwaar voorwerp met een grotere snelheid vooruit dan een licht voorwerp.'*



Anne is het daarmee niet eens: *'beide voorwerpen schieten met dezelfde snelheid vooruit, maar het zware voorwerp richt dan meer schade aan.'*
Wie heeft gelijk?

Kruis aan:

Joost	<input type="checkbox"/>
Anne	<input type="checkbox"/>

Licht je antwoord toe en gebruik daarbij het woord 'traagheid':

constructieregel 7: zorg dat de context van het probleem dat in de opgave aan de orde komt familiair is; de context van het probleem moet dezelfde zijn als de context waarbinnen in het onderwijs de betreffende natuurkunde-begrippen aan de orde zijn geweest.

Het is op dit moment misschien goed, er op te wijzen dat bovengenoemde constructieregels niet tot doel hebben een 'makkelijk examen' te maken. Ze hebben wél tot doel, het examen slechts moeilijk te laten zijn op het daarvoor geëigende punt: in de natuurkunde die wordt gevraagd. Sommige stukken van het examenprogramma zijn fysisch – ook voor leerlingen – gewoon niet zo moeilijk. Het is in die gevallen gekunsteld om een toch moeilijke opgave te maken door die opgave onduidelijk of niet-familiair te laten zijn. Daarom tenslotte:

constructieregel 8:

- durf over eenvoudige natuurkunde ook een eenvoudige opgave te maken;
- gebruik voor de (ook nodige) moeilijker opgaven natuurkunde-onderwerpen die in zichzelf moeilijk zijn.

constructieregel voor het examen als geheel

De laatste constructieregel betreft niet de afzonderlijke vragen, maar de gehele toets. Ervaringen met de PLON-examens hebben duidelijk gemaakt, dat examenmakers zich vaak te veel met de afzonderlijke vragen bezig houden. De evenwichtige samenstelling volgens de nagestreefde norm (zie mijn eerste artikel) wordt dan licht uit het oog verloren.

Belangrijk is om als laatste stap in het maken van een examen nog eens de samenstelling van het examen als geheel te analyseren.

constructieregel 9: controleer de samenstelling van een toets zorgvuldig, door te werken volgens een procedure als:

- 1) het aanleggen van een grote vragenverzameling;
- 2) vragen hieruit kiezen;
- 3) sleutelen aan de gekozen vragen;
- 4) deze verzameling van gekozen vragen controleren:
m.b.t. de verdeling korte-antwoord vragen/
lange-antwoord vragen,
de verdeling naar denkactiviteit,
de verdeling van onderwerpen over de
te toetsen stof;
- 5) geconstateerde manco's opvullen door nieuw te maken opgaven;
- 6) de toets vaststellen.

constructieregels: algemeen toepasbaar?

Hoewel de geschetste constructieregels zijn ontwikkeld aan de hand van ervaringen met examenconstructie, achten wij ze evenzeer van toepassing op het maken van schoolonderzoeken en proefwerken. Immers, wie zou niet ook daaraan de eisen van duidelijkheid en familiariteit willen stellen?

De eis van familiariteit geldt hier zelfs nog sterker. Het bestaan van een apart schoolonderzoek naast het centraal schriftelijk eindexamen wordt met name gerechtvaardigd door de mogelijkheid, de meer schoolgebonden kanten van het onderwijs aan bod te laten komen in het examen. En voor proefwerken geldt, dat zij – als in het onderwijs geïntegreerde toetsen – sterk stimulerend en sturend kunnen werken: een leraar die bepaalde aspecten van zijn onderwijs belangrijk vindt, doet er goed aan, deze ook in enige vorm in zijn proefwerken terug te laten komen.

Tenslotte hoop ik ook, dat deze constructieregels een toepassing zullen vinden bij niet-PLON-natuurkunde en bij andere vakken als biologie en scheikunde. Ik heb geprobeerd de constructieregels en de achterliggende argumentatie zo te presenteren, dat collega's met andere onderwijsopvattingen, in andere streams of van andere vakken snel kunnen doorzien wat voor hen bruikbaar is en wat wijziging behoeft. De concreetheid van de regels (door hun ontstaan in de context van het PLON-examen levert hopelijk vooral herkenbaarheid en duidelijkheid op. De

doorzichtigheid van de argumentatie moet het iedereen mogelijk maken er vervolgens naar believen van af te wijken.

Noten

1. Wiebe Bijker, Het eindexamen natuurkunde ter discussie, *Faraday*, 50 (6) 266, dec. 1981.
2. Voor een uitgebreidere discussie van het hier kort aangeduide 5-fasen model voor het vernieuwen van eindexamens, zie: Wiebe Bijker, *Principes voor nieuwe eindexamens – constructieregels en voorbeeld-examens in het kader van het PLON-experiment natuurkunde op het MAVO* (NIB, Zeist).
3. Een exemplaar van de PLON-MAVO leerstoflijst is gratis verkrijgbaar bij het PLON, Lab. voor Vaste Stof, Postbus 80.008, 3508 TA Utrecht.
4. Het vermijden van formele taal is een van de kenmerken van het PLON-MAVO-leerpakket. Indien het leren van formeel taalgebruik wel tot de onderwijsdoelen zou behoren (bijv. op het vwo) wordt de volgende afweging anders. Dan is het wél voorstelbaar, dat de fysisch meest eenduidige formulering ook de voor leerlingen meest duidelijke is.
5. Vgl. O. de Jong en H. Kramers-Pals, Knelpunten in het oplossend gedrag van leerlingen (1), *Faraday*, 49 (5) 157, okt. 1980.
6. Op de argumenten hiervoor ga ik in dit artikel niet verder in. Ze zijn van tweeërlei aard: (1) leerpsychologisch en (2) voortvloeiend uit het doelbepalende karakter van eindexamens.



Het netto-rendement van de machine is 61 procent, dus 610 Watt „werkende kracht”. Voor het echte zware werk, zoals het kloppen van gaten van grote diameter in hard beton, derhalve een stuk gereedschap dat professionele prestaties levert. Als de kwestie van opgenomen vermogen van machines ter sprake komt, wordt een zware krachtpatser nogal eens met argwaan beschouwd; een machine van 1000 Watt verbruikt per uur 1 kilowatt aan elektriciteit. En we moeten immers bezuinigen op energie?

Uit: *Tubantia* van 9 januari 1982

Ingezonden door: H. VAN LITH, *Winterswijk*

Als *BINAS* niet bestond zou de volgende ezelsbrug handig zijn: Feestelijke Opening Club Niet Briljant In SCHeikunde.

Ingezonden door: M. DE HOND-BROUWER, *Voorschoten*